

Laboratoire de Physique Subatomique et de Cosmologie de Grenoble

RAPPORT DE STAGE

Mesure des périodes courtes des niveaux nucléaires avec détecteurs $CeBr_3$ et optimisation des systèmes d'acquisitions

Donik KRASNIQI

Sous la direction de : Gary SIMPSON



Grenoble

Aout 2012

Remerciements

Je tiens à remercier mon maitre de stage Gary Simpson, chef du groupe Structure Nucléaire, qui m’a fait partager son expérience. Son encadrement ainsi que ses idées m’ont permis de très vite m’intégrer au sein du groupe et d’avancer dans mon travail. J’ai beaucoup appris à ses cotés.

Je tiens aussi à remercier tout les membres du groupe Structure Nucléaire pour leur convivialité. En particulier Aurélie Vancraeyenest, Floriane Drouet et Guillaume Gey, respectivement attachée temporaire d'enseignement et de recherche Grenoble INP, doctorante Grenoble INP et doctorant CNRS/ILL, qui ont toujours été là pour m’apporter du soutiens dans mes travaux.

Remerciements 2
Introduction 4
I) Présentation 5
1) Le LPSC 5
2) Le groupe Structure Nucléaire 5
II) Les détecteurs $CeBr_3$ et le système d'acquisition analogique 6
1) Principe du système d'acquisition 6
1) Les détecteurs $CeBr_3$ 6
2) Le chemin électronique 7
2) Résolution en énergie 10
3) Résolution en temps 11
1) Calibration 11
2) Mesures et résultats 12
4) Mesure d'une durée de vie avec le Bismuth 14
III) Le système d'acquisition numérique 17
1) Principe et utilisation du système d'acquisition 17
2) Premiers bilans et ouvertures 20
Conclusion 21
Note 21

Introduction

Le but de ce stage était la mesure des périodes courtes des niveaux nucléaires avec des détecteurs de bromure de cérium III ($CeBr_3$). Nous avons donc cherché à déterminer la résolution de ces détecteurs. Puis de déterminer si un système d'acquisition numérique peut nous permettre d'obtenir de meilleurs résultats qu'un système d'acquisition analogique.

Ce rapport présentera les différentes étapes de cette démarche. Dans un premier temps, nous allons montrer comment on a cherché à obtenir la meilleure résolution possible pour les détecteurs $CeBr_3$ avec le système d'acquisition analogique. Une fois les paramètres optimaux trouvés, nous essayerons dans un deuxième temps de mettre en forme ces paramètres sur le système numérique afin de voir quels avantages on peut en tirer.

Note : Ce rapport a aussi pour objectif d'être un support d'instruction afin de permettre au futur lecteur de mieux se familiariser avec les systèmes utilisés et de pouvoir accéder à une première approche de ce projet. C'est pourquoi j'ai fait le choix de le rédiger de façon succincte et conceptuelle, afin d'être le plus clair possible.

I) Présentation

1) Le LPSC

Le Laboratoire de Physique Subatomique et de Cosmologie (LPSC) se situe sur le polygone scientifique de Grenoble. Affilié entre autre au CNRS et à l'UJF. Les études menées au LPSC sont diverses, allant de l'infiniment grand à l'infiniment petit. Pour l'infiniment grand, c'est la recherche sur l'organisation de l'univers et les tout premiers instants après le Big-bang qui sont à l'étude. En ce qui concerne l'infiniment petit, il s'agit de connaître quelles sont les interactions les plus fondamentales de la matière et leurs applications.[1]

C'est dans ce contexte que s'inscrivent les recherches menées par le groupe Structure Nucléaire.

2) Le groupe Structure Nucléaire

Le groupe étudie la structure des noyaux exotiques, très riches en neutrons dans la gamme de masse A=80-160, principalement via la spectroscopie gamma et la spectroscopie d'électrons de conversion, en usant de toute une variété de techniques et d'installations expérimentales. Le but de ces études est de tester les prédictions de différents modèles théoriques (le modèle en couches, le modèle quasi particule-rotor, quasi particule-phonon etc.) dans les régions très éloignées de la stabilité. Cela nous permet de rechercher les changements dans les forces nucléaires pour ces régions. Les prédictions théoriques concernant ces forces y varient, quelques unes prédisant que l'interaction nucléon-nucléon pourrait changer dans les noyaux très riches en neutrons. On cherche par ailleurs de comprendre le rôle des différentes orbitales dans les rapides changements de forme de certaines régions.

Le groupe est aussi actuellement impliqué dans le développement de détecteurs de mesures de temps de vies courtes (de l'ordre de la picoseconde) pour des expériences de la collaboration internationale FATIMA.[2] C'est dans ce cadre que s'inscrit mon stage.

II) Les détecteurs $CeBr_3$ et le système d'acquisition analogique

Le but final de notre système est de pouvoir mesurer précisément la durée de vie des niveaux de transition lors d'une désintégration, voir Figure 1. C'est pour cela qu'on étudie les émissions de photons qui sont en coïncidences.

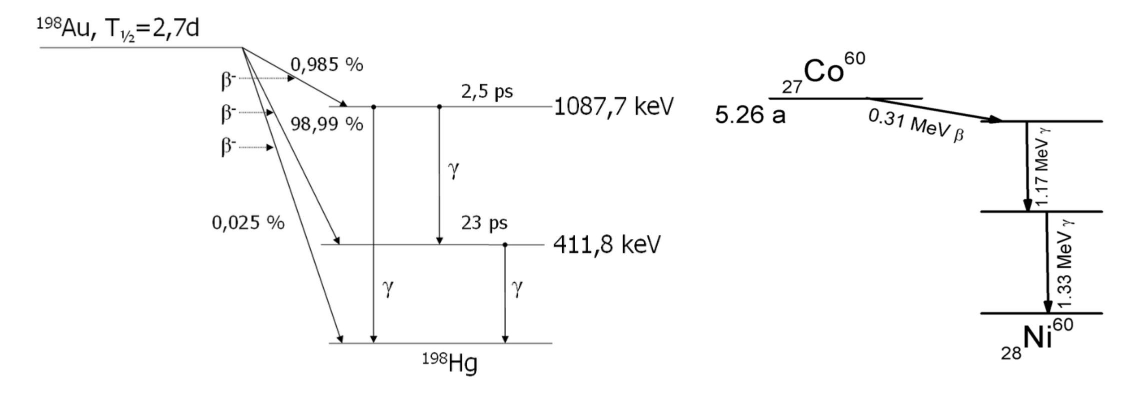


Figure 1 : schéma de désintégration du 198Au et du 60Co

1) Principe du système d'acquisition

1) Les détecteurs $CeBr_3$

Les détecteurs de bromure de cérium III ($CeBr_3$) sont des détecteurs à scintillation apparus récemment. Un détecteur à scintillation fonctionne de la manière suivante : lorsque la particule arrive sur le cristal, celle-ci interagit avec les atomes présents dans le cristal. Cette interaction va entraîner un dépôt d'énergie de la particule vers le cristal qui va donc scintiller (soit par fluorescence, soit par phosphorescence), voir Figure 2. L'intensité de la scintillation dépend de l'énergie de la particule initiale et du type de scintillateur utilisé. Ces détecteurs ont une bonne efficacité aux photons gamma.[3]

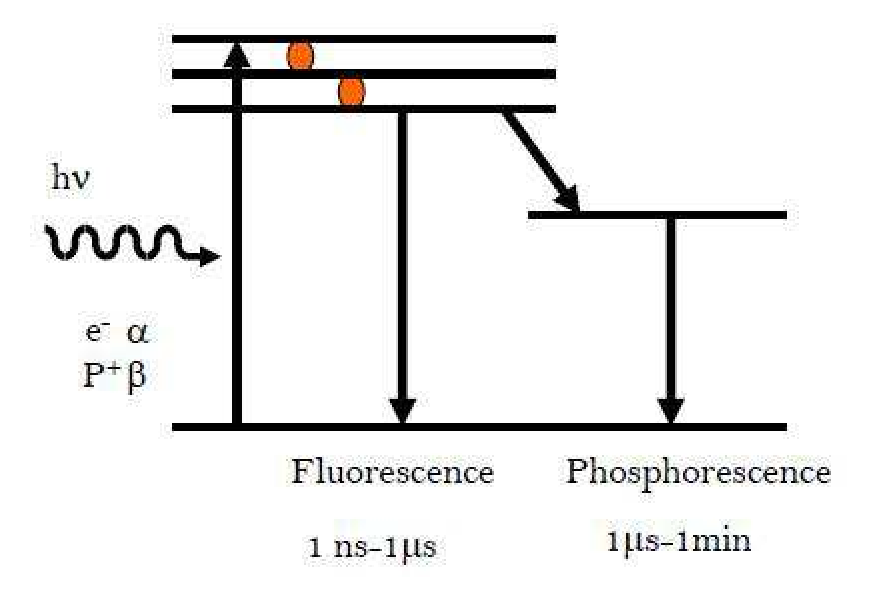


Figure 2 : Fonctionnement du détecteur inorganique (avec les niveaux cristallin)

Le $CeBr_3$ est un scintillateur inorganique, il s’agit d’un composé minéral dont fluorescence est possible grâce à l’existence d'états intermédiaires apparaissant par la présence d'impuretés. Il est important de noter que le lien énergie-luminescence dépend de la température dans ce type de détecteur.

Généralement, on associe au détecteur un photomultiplicateur (PM). Il s’agit d’un transformateur qui va convertir la lumière émise en électrons, puis il amplifie le flux d’électrons grâce à sa mise sous tension à travers plusieurs étages de dynodes afin de pouvoir utiliser ce signal, voir Figure 3.

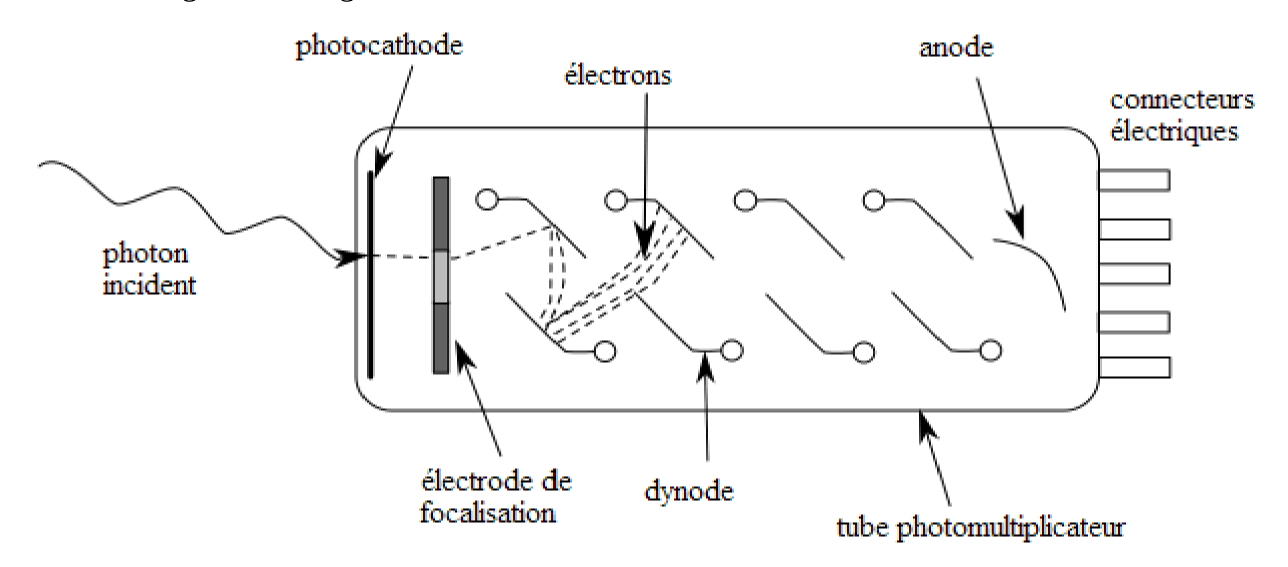


Figure 3 : Schéma du photomultiplicateur

2) Le chemin électronique

Afin de pouvoir utiliser le flux récolté au niveau du PM et d’en extraire les données qui nous intéressent, nous devons mettre en place un chemin électronique. L’ensemble détecteurs + chemin électronique formera notre système d’acquisition analogique.

Tout ce système est présenté dans la Figure 4. Le détail de chaque composant est exposé dans la suite de cette section.

Le pré-amplificateur (PA) : sont but est de ralentir le signal qui sort de la cathode du PM afin qu’il puisse être traité.

Un discriminateur a fraction constante (DFC) : il transforme un signal d’une anode en un signal logique, c.-à-d. un créneau. Par rapport à un discriminateur seuil, qui créer un créneau si un signal passe par un certain seuil, le DFC créer des signaux dont le temps ne dépend pas de l’énergie. Le signal arrivant est atténué par une fraction constante. Une copie du signal est inversée et retardée. Si le temps de retard est en bon accord avec la fraction constante f, le passage par zéro de la somme des deux parties va être toujours au même temps t0, même si le signal change.

Le MLU est là pour faire un « ET » logique entre les deux signaux qui sortent des DFC.

La Mise en Forme (MeF) : permet de retarder le signal logique et d'agrandir sa largeur.

Le Fan-In Fan-Out (FIFO) : il multiplie le signal logique.

Le Time to amplitude converter (TAC) : Le TAC sort un signal dont le maximum en tension correspond au temps entre l'arrivé d'un signal « start » et d'un signal « stop » (celui qui est retardé de 20ns). On choisit un détecteur dont le signal logique fait toujours le start, ce qui veut dire qu'une capacité commence à se charger avec un courant constant. Un deuxième détecteur dont le créneau est retardé, fait le stop. Si ce deuxième signal n'arrive pas dans un certain temps (le « range », un paramètre réglable), le rayonnement de coïncidence n'est pas détecté, la capacité va avoir une charge maximale et le signal est rejeté.[4]

Cependant si un signal de coïncidence suit dans l'intervalle de temps, le chargement est arrêté et sa charge correspond au temps entre les deux signaux.

Le retard est un offset constant entre les deux signaux et permet de détecter la coïncidence dans les deux conditions : une fois c'est le premier rayonnement d'une cascade qui fait le start, l'autre fois c'est le deuxième. Avec un retard assez grand le signal start arrive toujours avent le stop, même si le start correspond au deuxième gamma émis.

Le logiciel XIA à pour rôle, dans un premier temps, d'analyser le signal de la cathode avec un filtre trapézoïdal. Par la suite, c'est lui aussi qui examine toutes les données et exécute un « ET » logique entre le signal de la cathode et le signal du FIFO afin de déterminer si nous somme bien dans une coïncidence.

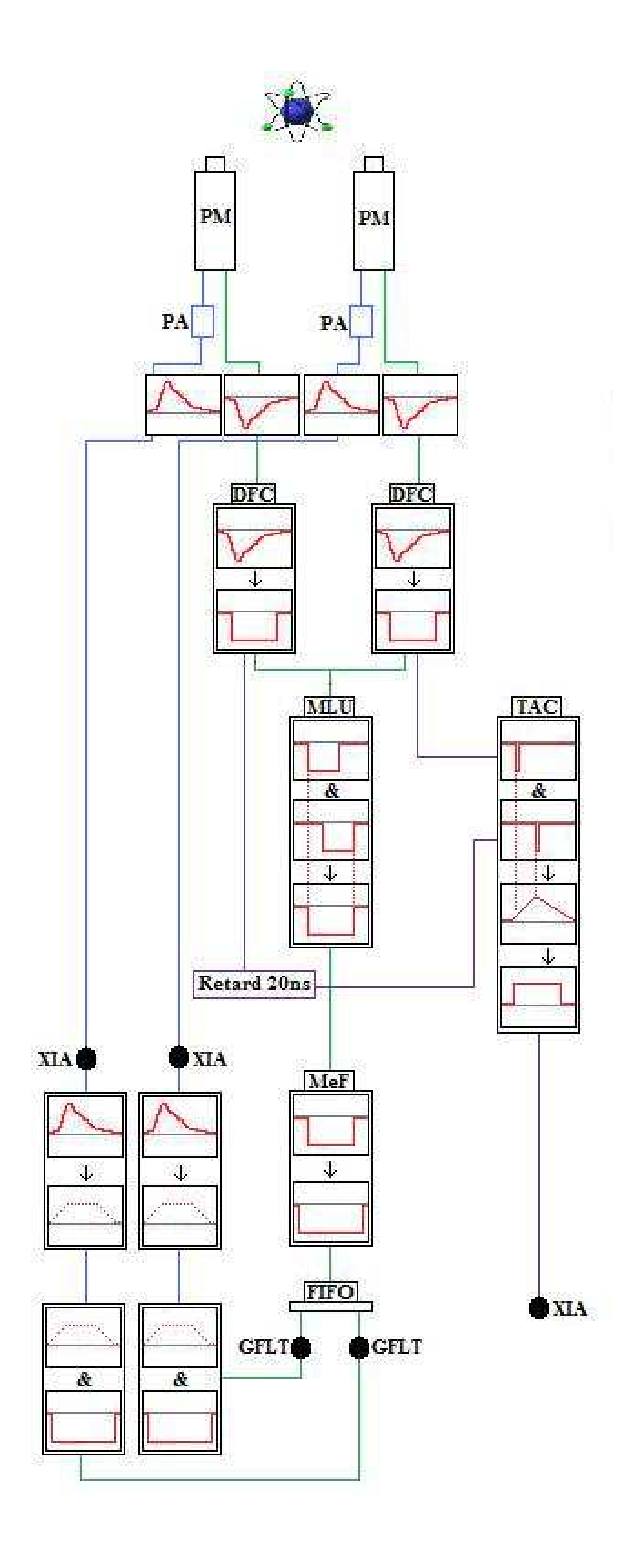


Figure 4 : Schéma du chemin électronique

2) Résolution en énergie

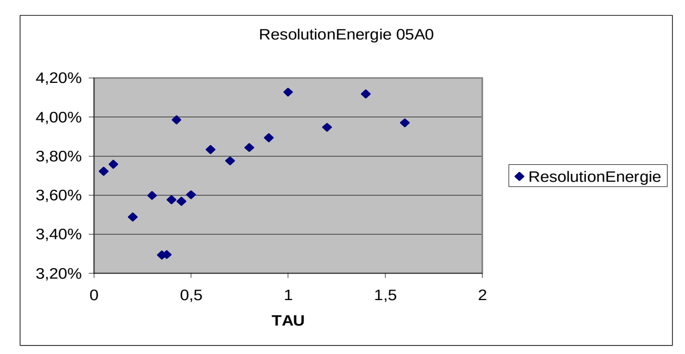
Dans un premier temps, on à chercher à déterminer les meilleurs paramètres à mettre en place afin d'avoir une bonne résolution en énergie avec les cristaux de $CeBr_3$.

La méthode utilisée est la suivante. Tout d'abord on met en place une pastille de ^{60}Co, étant donné que l'on connait les énergies des deux photons de transitions (1.17 et 1.33 MeV, voir Figure 1), on peut calibrer et déterminer les FWHM (Full width at half aximum/Largeur à mi-hauteur) de ces pics, on en déduit ensuite la résolution en énergie. On trouve que c'est pour un TAU qui est aux alentours de la valeur 0.35 que l'on obtient la meilleure résolution, par la suite c'est cette valeur que l'on choisira.

Les résultats sont présentés dans la Figure 5.

05A0		TAU	CtrPic 1	Δ CtrPic 1	CtrPic 2	Δ CtrPic 2	b (calibration)	a (calibration)	FWHM (Pic2)	ΔFWHM	FWHM(keV)	ResolutionEnergie
Polarity	1,000	0,4	22778,4	150,207	25100,750	169,153	0,069	-388,836	694,922	328,986	47,6557271	3,58%
Gain	6,000	0,5	18283,555	107,822	20139,748	114,292	0,086	-395,476	559,419	200,264	47,9977405	3,60%
Offset	-0,025	0,6	15286,971	78,123	16833,482	89,048	0,103	-401,015	496,026	161,931	51,0808528	3,83%
Slowlenght	2,000	0,7	13157,664	64,676	14484,229	68,566	0,120	-406,396	419,045	121,821	50,3082071	3,78%
slowgap	1,000	0,8	11559,881	54,228	12720,411	53,66	0,137	-413,127	373,233	95,630	51,2189151	3,84%
Mcabaseav	2,000	0,9	10325,042	45,205	11360,957	44,976	0,154	-414,116	337,513	76,814	51,8887364	3,89%
Fastlenght	4,000	1	9342,55	39,969	10276,182	42,944	0,171	-420,423	322,389	75,694	54,9934794	4,13%
fastgap	2,000	1,2	7858,676	30,540	8654,517	30,413	0,200	-399,402	262,816	51,897	52,5935157	3,95%
threshold	14,000	1,4	6805,725	25,120	7497,629	25,026	0,230	-393,278	238,392	42,707	54,872222	4,12%
tracelenght	32,000	1,6	6021,139	22,061	6639,060	20,465	0,258	-378,620	205,250	35,705	52,9001523	3,97%
psalenght	27,000	0,35	26036,893	192,595	28703,537	208,406	0,060	-381,762	735,042	376,465	43,898919	3,29%
underlay	23,000	0,375	24327,564	170,896	26812,779	179,959	0,064	-385,743	685,402	323,722	43,9226073	3,30%
psaoffset	0,000	0,45	20305,037	127,287	22363,179	131,135	0,077	-397,973	614,630	230,460	47,5603597	3,57%
mcaebin	1,000	0,3	20801,933	116,328	22917,410	128,496	0,075	-392,797	636,972	229,094	47,9533272	3,60%
mcacfdthr	5,000	0,2	22610,711	133,913	24899,088	144,088	0,070	-400,356	667,775	250,809	46,4739186	3,49%
cfdtriggerdelay	0,000	0,1	15194,939	76,988	16739,979	78,6	0,103	-393,028	485,794	133,686	50,0747893	3,76%
cfddelay	1,000	0,05	15826	95,740	17437,865	95,149	0,099	-390,445	501,964	156,613	49,596453	3,72%
cfdtrheshold	35,000	0,425	7298,441	25,429	8047,974	25,378	0,212	-377,525	249,988	43,814	53,1171928	3,99%
cfdfraction	0,250											
cfdgrptrigger	0,000											
blcut	10,000											
integrator	0,000											
time	250,000											

06A0		TAU	CtrPic 1	Δ CtrPic 1	CtrPic 2	Δ CtrPic 2	b (calibration)	a (calibration)	FWHM (Pic2)	ΔFWHM	FWHM(keV)	ResolutionEnergie
Polarity	1,000	0,3	27560,254	225,332	30294,932	243,638	0,058	-431,792	834,606	428,181	48,6051197	3,65%
Gain	5,000	0,4	20678,381	133,047	22764,025	152,514	0,076	-405,763	612,349	265,296	46,7590355	3,51%
Offset	-0,035	0,5	16553,369	155,274	18216,285	101,218	0,096	-412,101	515,497	173,647	49,3699334	3,71%
Slowlenght	2,000	0,6	13812,627	75,222	15202,450	72,084	0,115	-409,551	427,001	124,792	48,9301006	3,67%
slowgap	1,000	0,7	11878,447	54,890	13069,680	61,672	0,134	-414,830	382,034	100,371	51,0754276	3,83%
Mcabaseav	2,000	0,8	10418,939	46,701	11464,633	48,86	0,152	-413,572	331,135	81,191	50,432115	3,78%
Fastlenght	4,000	0,9	9292,12	40,652	10221,229	42,629	0,171	-419,537	317,254	75,151	54,3809952	4,08%
fastgap	2,000	1	8389,409	38,829	9228,407	34,323	0,190	-419,252	285,045	58,419	54,1077174	4,06%
threshold	16,000	1,2	7051,329	28,400	7755,632	27,72	0,226	-421,237	243,753	27,720	55,1184686	4,14%
tracelenght	32,000	1,4	6096	23,635	6708,464	21,9	0,260	-411,913	209,150	37,505	54,3856112	4,08%
psalenght	27,000	1,6	5384,557	19,517	5920,566	17,65	0,297	-426,630	186,639	30,530	55,4545299	4,16%
underlay	23,000	0,45	18266,719	112,254	20091,396	125,702	0,087	-421,101	563,146	222,342	49,1520592	3,69%
psaoffset	0,000	0,35	23433,436	172,871	25755,162	173,388	0,069	-434,189	649,034	300,508	44,5208241	3,34%
mcaebin	1,000	0,375	21845,916	147,565	24037,887	161,072	0,073	-413,998	623,444	269,303	45,2969914	3,40%
mcacfdthr	5,000	0,2	24177,254	161,566	26594,736	167,513	0,066	-419,520	701,064	299,943	46,1850192	3,47%
cfdtriggerdelay	0,000	0,05	16889,395	112,611	18563,189	114,844	0,095	-433,771	569,866	202,825	54,2222395	4,07%
cfddelay	1,000											
cfdtrheshold	35,000											
cfdfraction	0,250											
cfdgrptrigger	0,000											
blcut	10,000											
integrator	0,000											
time	250,000											



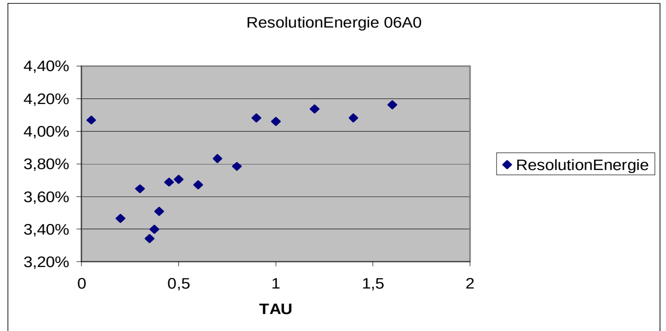


Figure 5 : Etude de la résolution en énergie des détecteurs au $CeBr_3$

3) Résolution en temps

1) Calibration

Avant de commencer notre optimisation de la résolution en temps, il nous faut calibrer le rapport canaux ↔ picosecondes. Pour cela on a utilisé un pulseur qui a une période de pulsation de 10 ns, voir Figure 6.



Figure 6 : Calibration canaux↔picosecondes avec pulseur 10 ns

On mesure les distances suivantes entre chaque pulsation :

4877.821 ±0.180 chh
10307.621 ±0.208 chh
15755.189 ±0.220 chh
21207.096 ±0.201 chh
26656.734 ±0.216 chh

On obtient 10^4 ps ↔ 5444.728 ±0.827 chh. Soit 18.3664 ±0.00279 ps/chh.

Une fois que l'on a procédé à la calibration en temps, il faut aussi que nous fassions une calibration en énergie, car il ne faut pas oublier que la température est un facteur important qui joue sur nos valeurs. Il s'agit de la même méthode que précédemment, on connaît la valeur des pics en énergie, et on en déduit la calibration canaux ↔ énergies, voir Figure 7.

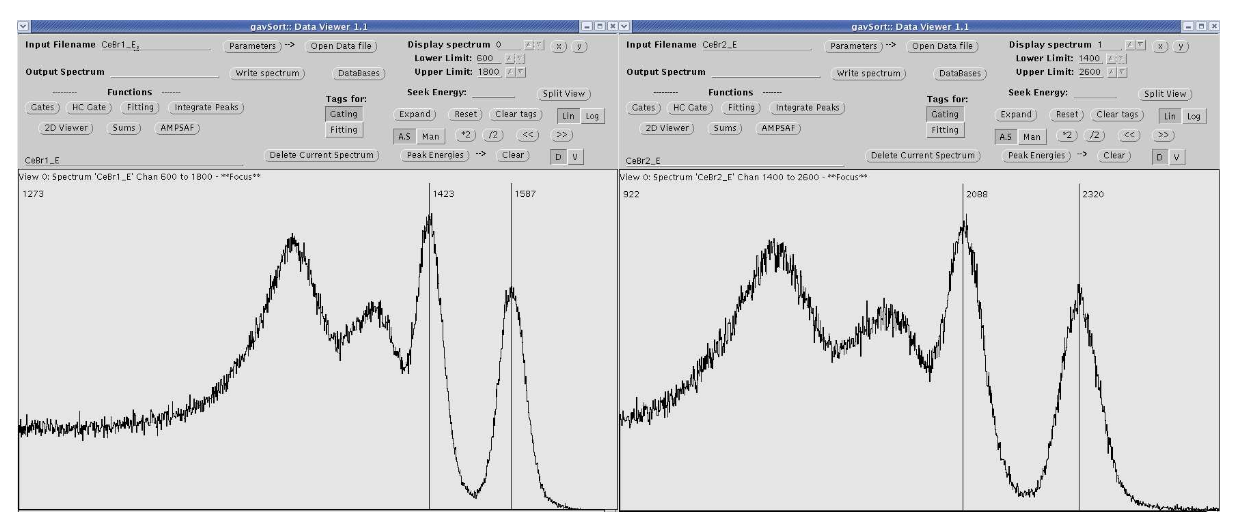


Figure 7 : Vue des deux pics du ^{60}Co (1.17 et 1.33 MeV) avec chacun des deux détecteurs

2) Mesures et résultats

Lorsque la calibration a été faite, le programme est capable de nous sortir un spectre en temps qui, dans le cas du ^{60}Co, peut être approximer avec une gaussienne (ce spectre est obtenue grâce au TAC qui permet de déterminer le temps entre les deux photons coïncidents, voir II)1)2) page 7). On peut voir sur la Figure 8 le spectre TAC21, c'est-à-dire lorsque le deuxième photon du chemin de décroissance à fait le start.

En mesurant le FWHM, on a la résolution en temps. Les résultats sont présentés sur les figures ci-dessous.

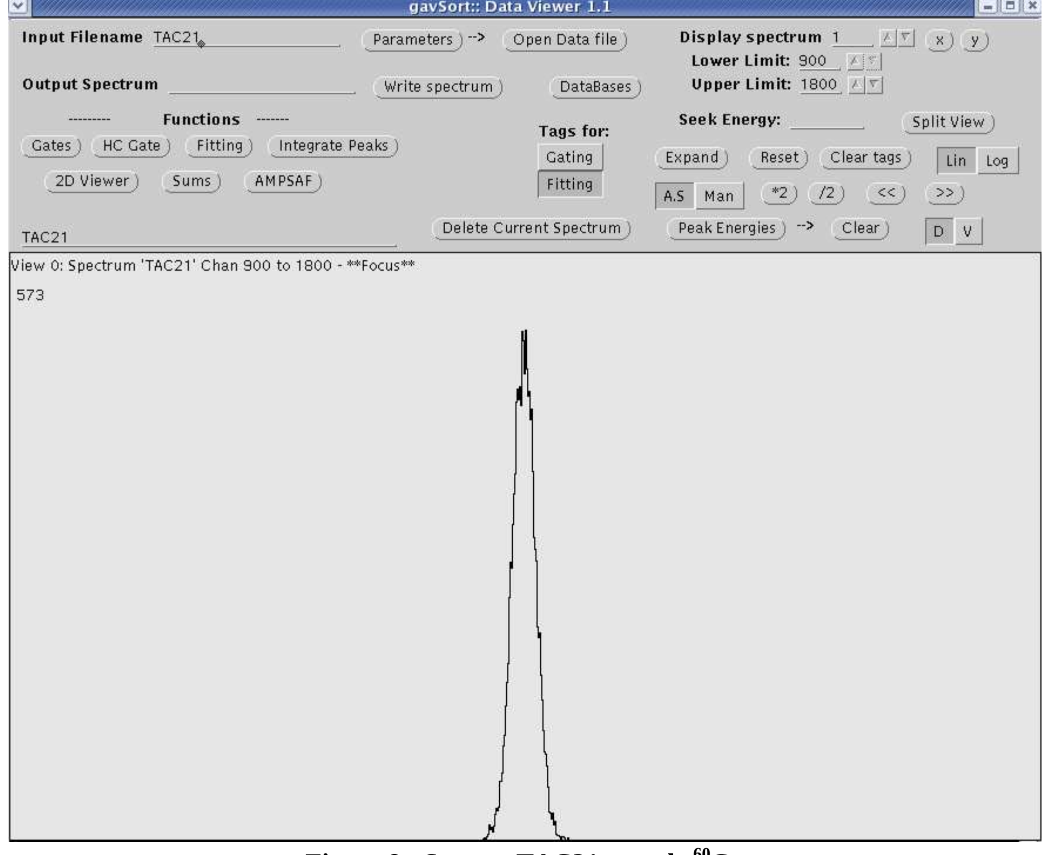


Figure 8 : Spectre TAC21 pour le ^{60}Co

Calibration (chh/10ns) ±	5444,72825	0,827
Rebin (32k→64k) ±	10889,4565	1,654
Calibration (ps/chh) ±	0,918319477	0,000139484
Calibration coeff 0,05 (ps/chh) ±	**18,36638954**	**0,002789672**

Figure 9 : Procédure de la calibration canaux ↔ picosecondes

Caractéristiques de l'exprce	TAU	Gain	Offset	Threshold	Gain	Offset	Threshold
05A0	0,35	6	-0,025	14	6	-0,025	14
06A0	0,35	5	-0,035	16	5	-0,035	16
Name	Type	Offset (a)	Slope (b)	Quad (c)	Offset (a)	Slope (b)	Quad (c)
TAC	2	0	0,05	0	0	0,05	0
CeBr1	1	-387,937	0,030058	0	-269,250	0,02817	0
CeBr2	1	-402,382	0,033943	0	-288,697	0,032697	0

Figure 10 : Caractéristiques de l'expérience (paramètres 1 et 2)

Retard (ns)	**3**	**2**	**1**
Porte E1	1110-1217	1105-1223	1091-1204
Porte E2	1241-1393	1236-1384	1216-1358
Sigma TAC12 (chh)	5,867	5,871	5,916
Sigma TAC21 (chh)	5,867	5,874	5,956
Sigma (Moyenne) (chh)	5,867	5,8725	5,936
Sigma (ps)	107,7556075	107,8566226	109,0228883
FWHM (ps)	253,7644556	254,0023462	256,748902
ΔSigma TAC12-TAC21	0,031	0,036	0,052
ΔSigma (Moyenne) (chh)	0,031	0,0375	0,072
ΔSigma (ps)	0,569358076	0,688739608	1,322380047
ΔFWHM (ps)	1,340838269	1,621981777	3,114205011
Time Resolution (ps)	**179,4385673**	**179,6067814**	**181,5488897**
ΔTime Resolution	**0,948115832**	**1,146914313**	**2,202075481**
Période acquisition	13Jun12-1634—14Jun12-1037	14Jun12-1448—15Jun12-0551	15Jun12-0919—15Jun12-1520

Figure 11 : Résultats avec les paramètres 1

4	**8**	**6**	**5**
1137-1232	1145-1229	1143-1228	1140-1226
1281-1390	1278-1392	1278-1391	1278-1379
6,112	6,41	6,186	6,374
6,119	6,358	6,284	6,401
6,1155	6,384	6,235	6,3875
112,3196553	117,2510308	114,5144388	117,3153132
264,5127881	276,1261776	269,6815034	276,2775626
0,058	0,044	0,054	0,042
0,0615	0,07	0,103	0,0555
1,129532957	1,285647268	1,891738123	1,01933462
2,660050114	3,027699316	4,45504328	2,400533029
187,0387862	**195,2506927**	**190,6936198**	**195,357738**
1,880939474	**2,140906718**	**3,150191314**	**1,697433184**
18Jun12-1120—18Jun12-1721	18Jun12-1854—19Jun12-0657	19Jun12-0947—19Jun12-1548	19Jun12-1902—20Jun12-1005

Figure 12 : Résultats avec les paramètres 2

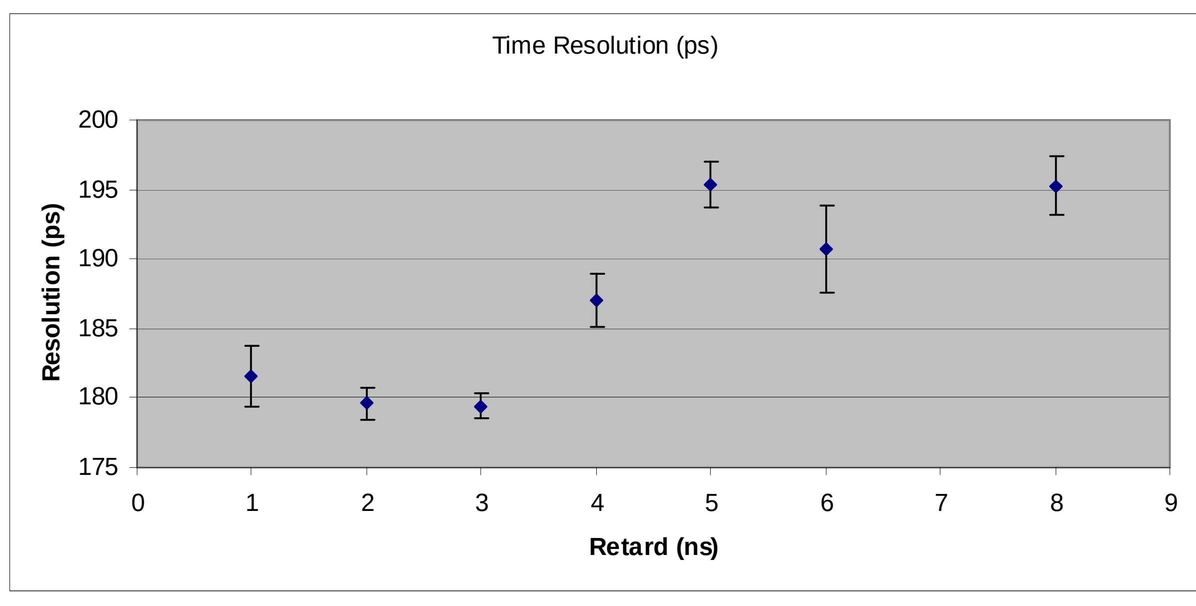


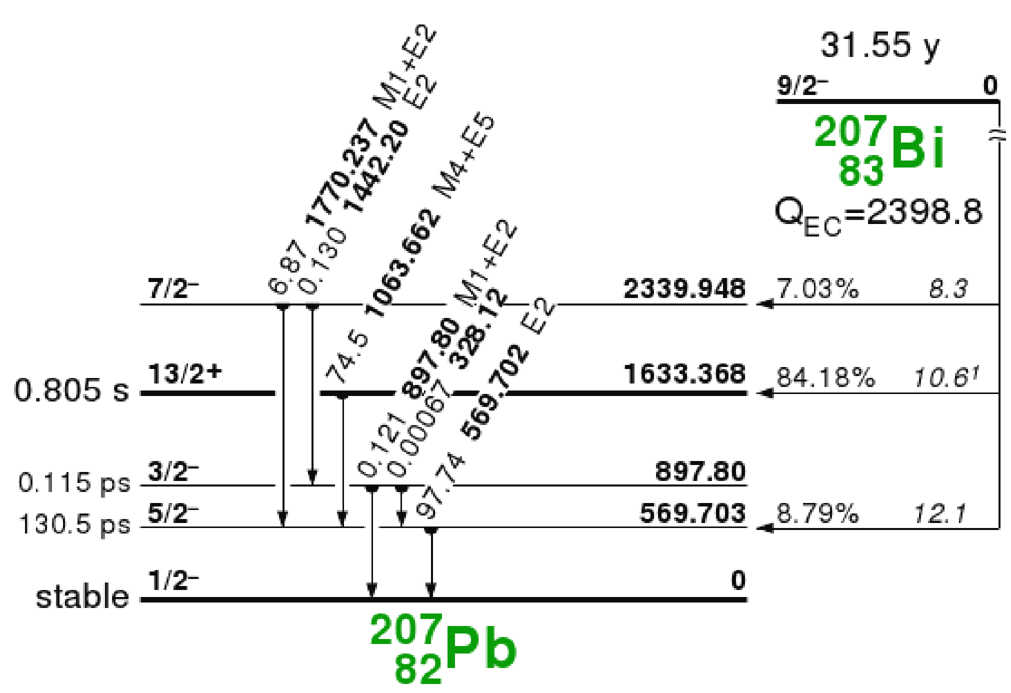
Figure 13 : Diagramme de la résolution en temps

4) Mesure d’une durée de vie avec le Bismuth

Nous avons précédemment vue de quelle manière nous pouvions parvenir à de bonnes résolutions avec les cristaux de $CeBr_3$. A présent, on va appliquer nos résultats afin de déterminer la durée du niveau excité lors de la transition du ^{207}Bi vers le ^{207}Pb. Après cette désintégration, les noyaux sont majoritairement dans l’´état 13/2+ et se désexcitent en passant par l’état 5/2− dont on veut mesurer la durée de vie. Il y a ainsi émission successive de deux photons d’´énergie respective 1064 et 570 keV, on peut le voir sur la

Figure **14**. Le niveau qui nous intéresse a une durée de vie théorique de 130 ps. C’est grâce au dispositif mis en place que nous allons chercher à déterminer notre valeur expérimentale.

Figure 14 : Schéma de désintégration du ^{207}Bi en ^{207}Pb



Tout d'abord, on fait une calibration comme précédemment, sur chacun des deux détecteurs, voir Figure 15.

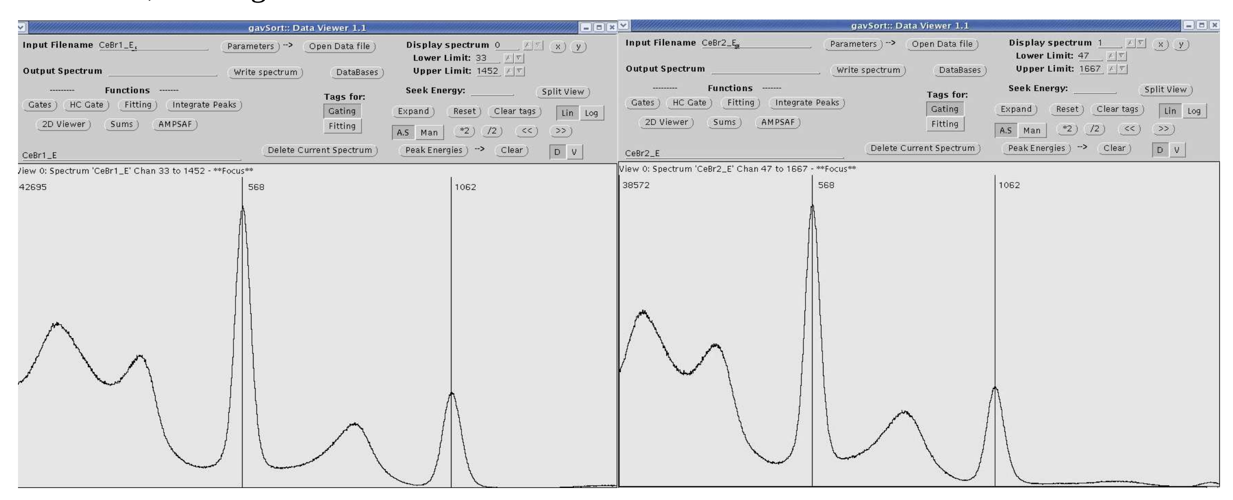


Figure 15 : Spectres obtenus après 1 jour d'acquisition avec le ^{207}Bi (détecteurs 1 et 2)

Ensuite, on relance le programme afin qu'il puisse nous donner les spectres issus du TAC. Dans le cas du bismuth, étant donné que nos détecteurs ont une résolution en temps qui est de l'ordre de la durée de vie du niveau de transition, on obtient un spectre qui correspond à une combinaison gaussienne + exponentielle. En comparaison, avec le cobalt on obtenait juste une gaussienne car les durée de vie des niveaux de transition était très faible.

L'acquisition qui à durée une journée a été séparer en plusieurs « tranches » d'analyses, afin que les fluctuations de température qui ont eu lieu durant la prise de données ne soit pas significatives sur les résultats. Lorsqu'on obtient nos spectres TAC12 et TAC21 pour ces différentes tranches, on exécute un fit[5] qui va nous donner le paramètre $t_{1/2}$ qui nous intéresse. L'équation de notre courbe est de la forme :

$$\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} + N_0 e^{-\lambda t}$$

La Figure 17 présente comment la courbe est fitée. Au moment du fit, le programme nous donne les valeurs présentées ci-dessous.

Période	11h53-17h53	20h53-23h53	02h53-05h53	08h53-11h00
t1/2 TAC12 (valeur en chh)	6,907 ±0,040	6,995 ±0,051	6,994 ±0,053	6,854 ±0,094
t1/2 TAC21 (valeur en chh)	7,035 ±0,039	6,901 ±0,049	7,034 ±0,050	6,907 ±0,096

Ces valeurs sont en canaux, en faisant la moyenne on trouve $t_{1/2}$ = 6.95338 ±0.17744 chh.

Soit au final $t_{1/2}$ = 127.7086 ±3.25899 ps.

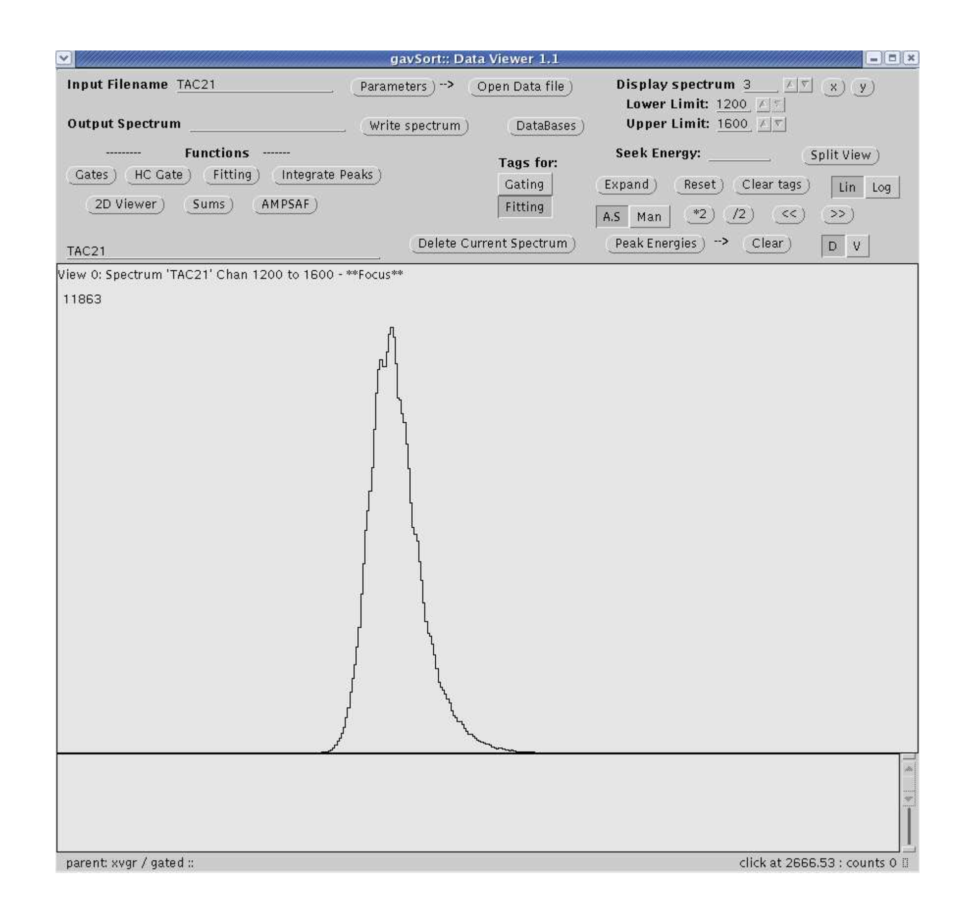


Figure 16 : Spectre TAC21 du ^{207}Bi

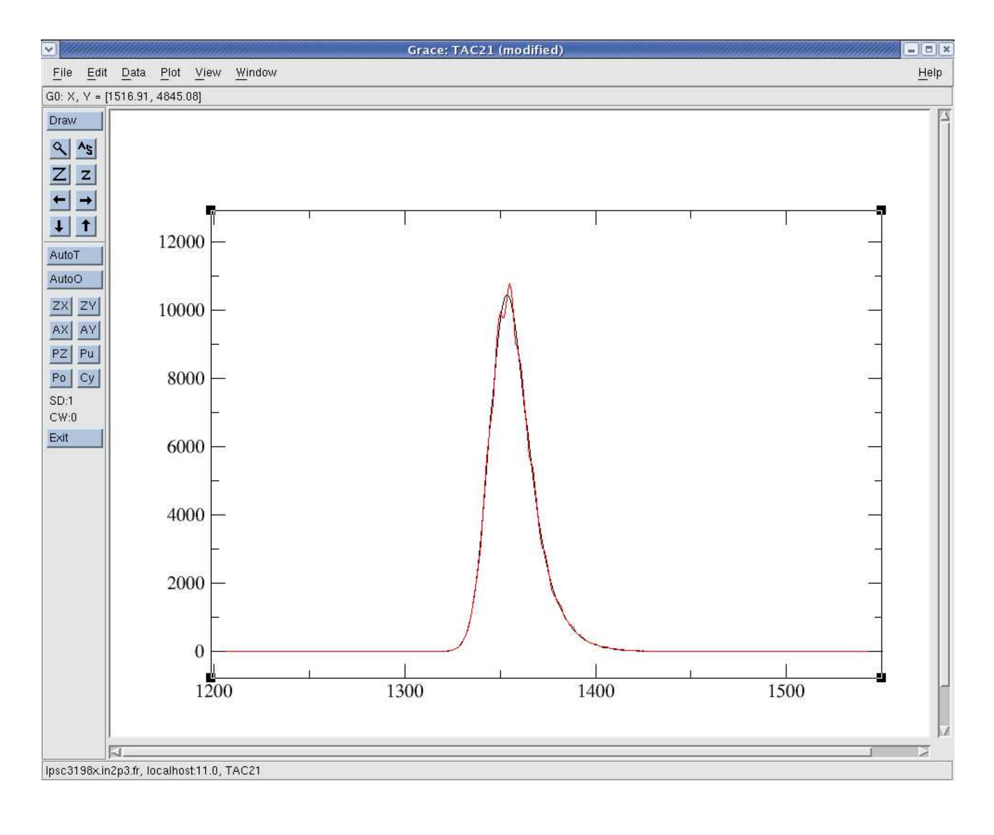


Figure 17 : Fit du spectre TAC21

III) Le système d’acquisition numérique

Le système d’acquisition numérique permet de regrouper tout le chemin électronique que l’on voit sur la Figure 4 dans une unique carte d’acquisition. On cherche à faire cela afin de simplifier les prises de donnée et de réduire le coût du matériel.

1) Principe et utilisation du système d’acquisition

Au cours de ce stage, nous avons utilisé la carte CAEN V1742. Il s’agit d’une carte de deux fois 16+1 canaux 12 bit, avec une capacité d’échantillonnage allant de 1 GS/s à 5 GS/s[1].

Les détecteurs se branchent directement sur les cartes, puis le tout peut être relié à un ordinateur par connexion USB.

Afin de modifier les paramètres d’acquisition, il faut avoir un accès direct aux adresses mémoires de l’ordinateur[6], pour cela on utilise le programme Caen VME[7].

Tout d’abord, il faut établir la connexion entre la carte et le bus VME, pour cela il faut entrer l’adresse de la carte (il s’agit des nombres apparaissant sur les pivots à l’arrière de la carte, dans notre cas 3, 2, 1 et 0). Cette partie se fait via le menu « VME setting ».

Ensuite, on va dans le manuel d’utilisateur de la carte V1742 et on cherche où se trouve les paramètres que l’on veut modifier. Par exemple, sur la Figure 18 on voit qu’au niveau du bit [2] on peut démarrer ou arrêter l’acquisition.

Un autre exemple concret avec le « sampling frequency » de la Figure 19, si dans le VME on tape juste l’adresse 80D8[2] on obtient un message d’erreur, voir Figure 20. L’erreur vient du fait qu’on ne peut pas lire le « sampling frequency », on peut l’écrire.

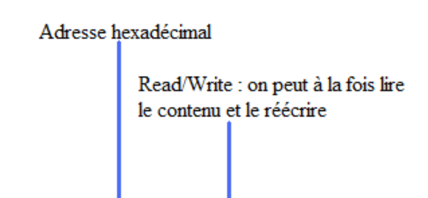
On veut par exemple une fréquence de 1GS/s, donc une valeur 10 sur les bits [1:0]. On passe cette valeur binaire sous forme hexadécimale (bin 10 = hex 2) et on l’écrit dans la partie DWrite de VME, ainsi on obtient bien la fréquence voulu, voir Figure 21.

C’est donc ainsi que l’on peut avoir un accès sur les paramètres et les résultats de nos acquisitions. Le but étant de trouver le bon jeu de variables afin d’obtenir une résolution au moins aussi bonne qu’avec le système analogique.

---

[1] GS/s = GigaSamples/second, c'est-à-dire que la carte est capable de faire une acquisition à 5 milliard d’échantillons par secondes.

[2] Les adresses qui sont dans le manuel (par exemple 0x80D8) doivent toujours être précédées de l’adresse de la carte (3210 dans notre cas) lorsqu’on les note sur l’interface du VME.



5.23. Acquisition Control (0x8100; r/w)

Bit	Function
[5]	0 = Normal Mode (default): board becomes full, whenever all buffers are full 1 = Always keep one buffer free: board becomes full, whenever N-1 buffers are full; N = 1024
[4]	*reserved*
[3]	0 = COUNT ACCEPTED TRIGGERS 1 = COUNT ALL TRIGGERS allows to reject overlapping triggers (see § 3.5)
[2]	0 = Acquisition STOP 1 = Acquisition RUN allows to RUN/STOP Acquisition
[1:0]	*reserved*

Bit [2] allows to Run and Stop data acquisition; when such bit is set to 1 the board enters Run mode and a Memory Reset (see § 3.10.2) is automatically performed. When bit [2] is reset to 0 the stored data are kept available for readout. In Stop Mode all triggers are neglected.

Figure 18 : Vue des paramètres "Acquisition Control" dans le manuel d'utilisateur de Caen V1742

5.22. Sampling Frequency (0x80D8)

Bit	Function
[1:0]	00 = 5 GS/s 01 = 2.5 GS/s 10 = 1 GS/s 11 = *reserved* (do not use)

This register must not be written while acquisition is running.

Figure 19 : Vue des paramètres "Sampling Frequency" dans le manuel d'utilisateur de Caen V1742

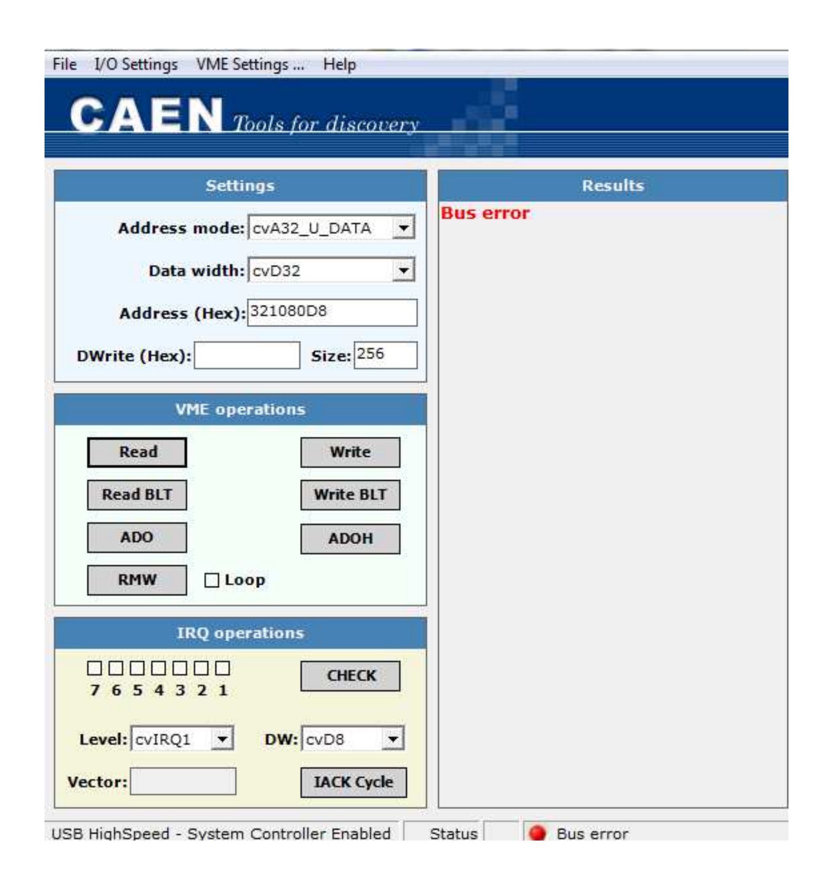


Figure 20 : Erreur sur l'adresse 0x80D8

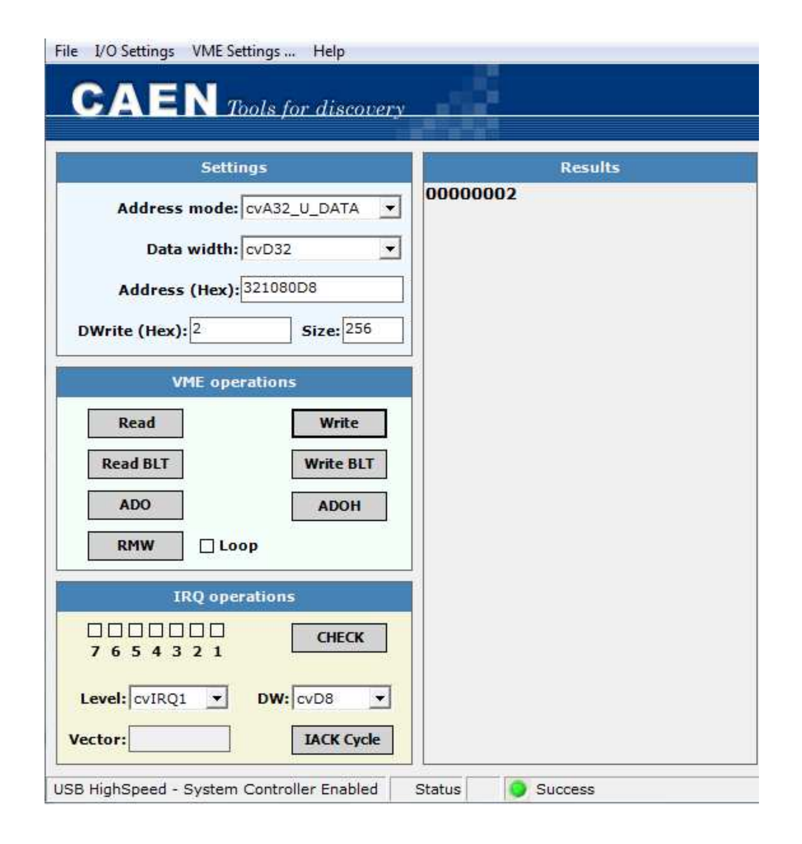


Figure 21 : Adresse 0x80D8 corrigée (on a écrit dans DWrite)

2) Premiers bilans et ouvertures

Après avoir trouvé comment contrôler notre expérience depuis l’ordinateur, nous avons procéder à un premier test avec un pulseur à 1 ms. La Figure 22 nous montre la précision de l’échantillonnage de notre carte Caen.

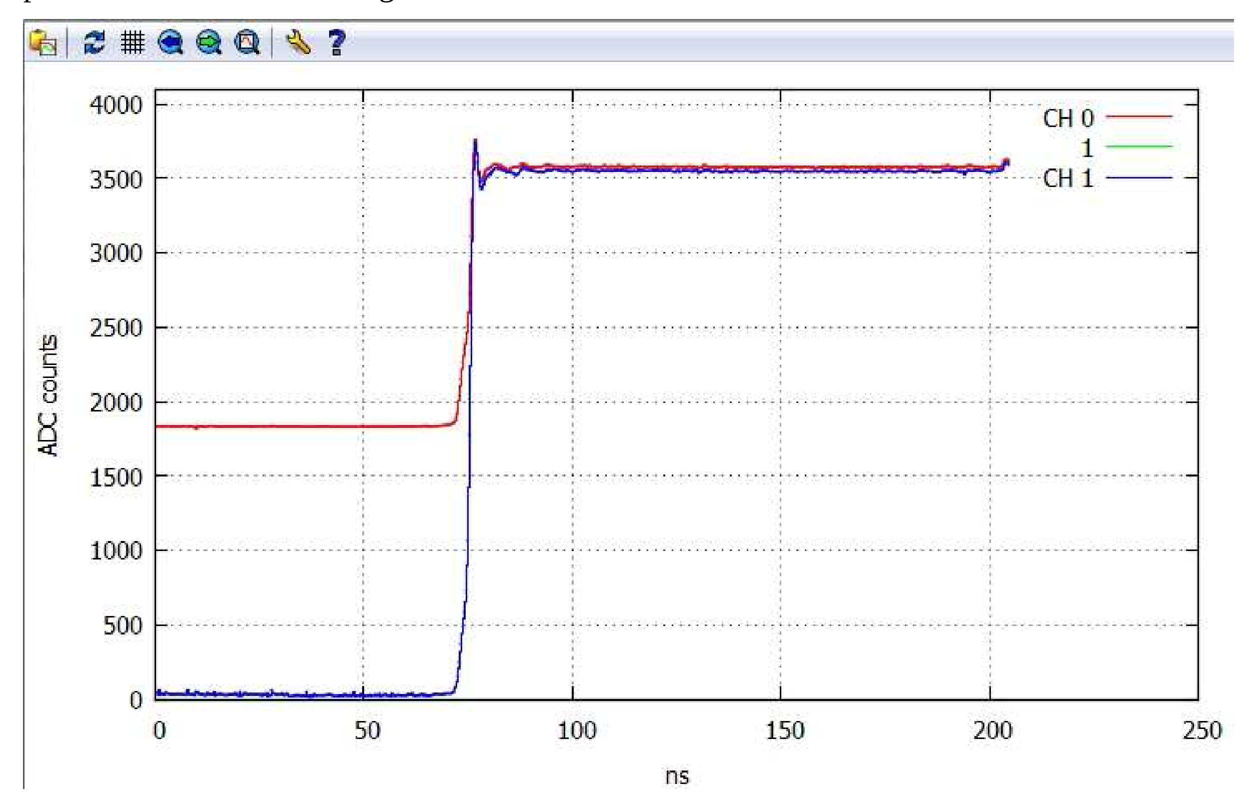


Figure 22 : Vue d'un pulse enregistré avec le système numérique

Cependant, nous rencontrons encore des difficultés en ce qui concerne le fonctionnement de la carte V1742 à 5 GHz, mais le prof. Gary Simpson a déjà réussi à obtenir des résultats avec une carte similaire (Caen V1751) fonctionnant à 1 GHz.

Une fois que ces problèmes auront été résolus, des études sur la résolution pourront démarrer. On appliquera alors différents type de filtre mathématique (tout comme le filtre trapézoïdal du logiciel XIA, voir section II)1)2)) et on choisira le filtre qui nous donne la meilleure résolution possible. Enfin nous pourront déterminer les périodes courtes des niveaux nucléaires.

Conclusion

En conclusion, nous pouvons dire que les premières études sur les détecteurs $CeBr_3$ se sont révélées prometteuses. La mise en place du système analogique nous permet d'ores et déjà d'affirmer que ces cristaux donnent de très bons résultats, malgré une légère faiblesse en termes de résolution énergétique par rapport aux détecteurs $LaBr_3$.

Par la suite, le but sera d'améliorer le système d'acquisition numérique afin d'arriver à de meilleurs résolutions. Le rapport qualité/prix des cristaux de $CeBr_3$ semble pour l'instant jouer en leurs faveurs, il faudra cependant encore beaucoup de travail avant d'arriver à décrocher des procédés exploitables en expériences.

Note

Pour finir, je tiens à remercier tous ceux qui m'ont aidé à l'élaboration de ce rapport. J'espère avoir été clair vis-à-vis des explications, et que ce document servira au moins de base pour une utilisation des systèmes à cristaux $CeBr_3$.

Je tiens aussi à terminer en disant que ce stage m'a apporté beaucoup, que ce soit en terme d'expérience ou de connaissance. En effet, j'ai appris quelques notions essentielles pour la suite de mes études (mis au point d'un projet d'étude, adaptation à de nouveaux logiciels, rédaction d'un rapport etc.), et aussi énormément de choses sur le monde de la recherche, sur la physique nucléaire ou encore sur l'organisation d'un laboratoire.

Je ressors de cet apprentissage grandi.

Bibliographie

[1] Présentation du LPSC, Juin 2009, http://lpsc.in2p3.fr/presentation

[2] Fast Timing Array (FATIMA), http://nuclear.fis.ucm.es/fasttiming

[3] The Smithsonian/NASA Astrophysics Data System, Comparison of CeBr3, http://adsabs.harvard.edu/abs/2010SPIE.7805E...9G

[4] Compte rendu stage de master 1 : caractérisation d'un scintillateur LaBr3 et mesure de durée de vie radiative de noyaux exotique riche en neutrons. Par Anne Kröske, Johnny Dumeau, Michael Carpentier. Le 11 Juin 2007

[5] IEEE Sign. Proc. Mag. 28: 134-137,2011, Hongwei Guo

[6] Caen Users Manual, Mod.V1742 32+2 Ch., rev 6. Février 2012

[7] Caen VME overview, http://www.caen.it/csite/Product.jsp?parent=11

[8] Caen Users Manual, Mod. V1718 VME USB Bridge, rev 9. Juin 2009

[9] UM2091 – WaveDump User Manual, rev 3. Juin 2012

Annexe

WaveDump Help

Key	Function
s	Start/Stop acquisition
q	Quit WaveDump
R	Restart WaveDump; this command stops the acquisition, reload the configuration file and restart the acquisition
t	Send a software trigger (single shot); this command is especially useful when the trigger thresholds are not properly set and the digitizer has no data (no trigger). In analogy with the oscilloscope, we could say that this command acts like the "Force trigger" button
T	Enable/Disable the continuous generation of software triggers: when enabled, WaveDump sends a software trigger before reading the data. It is like the "Auto trigger" in the oscilloscopes.
p	Plot the traces of the channels that are enabled for plotting; this is a one-shot plot
P	Enable/Disable free running plot
w	Write a single event to disk (output files); pressing 'w', WaveDump creates one file per channel, named wave_n.txt, where n is the channel number. Warning: the files contain one single event and are always overwritten. Each file can be ASCII or binary and may contain a header or not, depending on the relevant settings in the configuration file.
W	Enable/Disable the continuous event saving to disk. As before, WaveDump creates one file per channel; the only difference is that now the files are written in append mode, thus they contain a sequence of events. Attention: for this reason, the file size can grow very quickly

0..7	Add/Remove the channel n (n = 0..7) from the plot, provided that the channel is enabled. In the case of Model 740, n refers to the channel within the currently active group. For example, if the group 2 (channels 16 to 23) is active, pressing 3 you insert or remove the channel 19 (16+3).
g	Change the active group of 8 channels for the plot **(only in the Mod x740 series)**. NOTE: The active group refers only to the plot (in fact, the plotter can handle only 8 traces), while this option doesn't affect the acquisition which always runs on all the enabled groups.
f	Toggle the plot from Waveforms to FFT
h	Toggle the plot from Waveforms to Histograms
[Space]	Display the online help

The configuration file is divided into two parts: common settings, indicated in the *[COMMON]* section and individual settings for channels (or groups in the case of Mod x740 series) indicated in the *[n]* section, where n is the channel or group number. The individual settings can be also made in the common section: in this case, they are applied to all channels.

Note: the special commands ***@ON*** and ***@OFF*** can be used to skip entire blocks of lines: in fact, when the WaveDump command parser finds the command *@OFF* in the configuration file, it ignores all subsequent commands until it finds the command *@ON*.

OPEN LinkType LinkNumber [NodeNumber] BaseAddress

Specifies the path of the physical communication channel from the Host PC to the digitizer.

LinkType	Identifies the type of communication channel; it can be USB or PCI. USB can be the direct connection from the host PC to the digitizer (Desktop or NIM models only) or the connection through a V1718 and the VME bus (VME models). PCI can be the direct connection from the host PC housing the PCI card A2818 (CONET Optical Link controller) to the digitizer Optical Link (all models) or the connection through a V2718 and the VME bus (VME models)
LinkNumber	typically this is 0 (one single digitizer connected to the PC). If more digitizers are connected, although WaveDump can handle only one digitizer, it is necessary to specify which of them has to be accessed. LinkNumber identifies which USB or A2818 is in use. Unfortunately it is not possible to know a priori which LinkNumber corresponds to which USB port or PCI slot.
NodeNumber	This parameter has to be inserted only for optical link connections (PCI cards in the host PC). It indicates the node in the CONET daisy chain. Typically this is 0 (only one digitizer in the daisy chain), it may be different if more than one digitizer (or V2718) is connected in the chain.
BaseAddress	indicates the Base Address (32-bit hexadecimal number) to access the digitizer via the VME bus. This number must be 0 for the direct connections from the host PC to the digitizer.

Examples:
OPEN USB 0 0 Desktop/NIM digitizer directly connected to the Host PC through the USB
OPEN USB 0 BA VME digitizer accessed via the VME bus and connected to the host PC through an USB-VME bridge V1718 (BA = BaseAddress of the digitizer)
OPEN PCI 0 0 0 Desktop/NIM/VME digitizer directly connected to the Host PC (with an A2818/A3818 installed) through the CONET optical link
OPEN PCI 0 0 BA VME digitizer accessed via the VME bus and connected to the host PC PC (with an A2818/A3818 installed) through a PCI-VME bridge V2718 (BA = BaseAddress of the digitizer).

GnuPlot Help

Key	**Function**
a	Autoscale on both x and y axis
r	Enable/Disable the ruler
g	Enable/Disable the grid
y	Set the vertical scale (y axis) to the full scale of the specific digitizer (horizontal scale remains unchanged)
p	return to previous zoom

Mouse Action	**Function**
Right click on plot window	*Zoom Area*: right click on one corner of the zoom area, release the right button then left click on the opposite corner
Right click on gnuplot window bar	*Activate gnuplot menu*: right click on the gnuplot window bar in order to activate a menu that let you to print the plot windows, copy the screen-shot to the clipboard, change plot settings, etc ...